

## 日本国特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

21.06.00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年 7月 5日

REC'D 11 AUG 2000

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第190517号

WIPO PCT

出願人  
Applicant(s):

三菱電線工業株式会社

10/018396

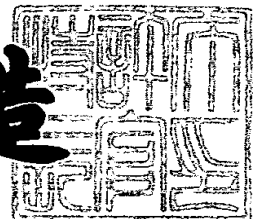
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 7月28日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3058488

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 MD990071  
 【提出日】 平成11年 7月 5日  
 【あて先】 特許庁長官 殿  
 【国際特許分類】 C03B 37/012  
 【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会  
 社 伊丹製作所内

【氏名】 伊藤 秀明

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会  
 社 伊丹製作所内

【氏名】 木下 貴陽

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会  
 社 伊丹製作所内

【氏名】 金 正▲高▼

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会  
 社 伊丹製作所内

【氏名】 長江 伸定

【特許出願人】

【識別番号】 000003263

【氏名又は名称】 三菱電線工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100077931

【弁理士】

【氏名又は名称】 前田 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100094134

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 廣毅

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014409

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702019

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバ母材の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 クラッド用ガラスパイプ内に、コア用ガラスロッド、若しくはコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、この両者を加熱炉によって加熱しながら上記ガラスパイプ内を減圧して、上記ガラスパイプ及びガラスロッドの一体化と延伸とを同時に行う光ファイバ母材の製造方法において、

上記加熱炉への上記ガラスロッドの送り速度を、上記ガラスパイプの送り速度の 2 倍以下の速度であって、上記ガラスパイプの送り速度よりも速い速度に調整する

ことを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、

ガラスパイプとガラスロッドとの間の隙間が大となるようにガラスロッドとして細径のものをを用い、

上記ガラスロッドの送り速度を、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化するとき設定コア・クラッド比となるように調整する

ことを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 において、

ガラスロッドの送り速度を、ガラスパイプとガラスロッドとが長手方向に所望のコア・クラッド比で一体化するように調整する

ことを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

【請求項 4】 請求項 1～請求項 3 のいずれかにおいて、

ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方または双方を、その長手方向軸周りに回転させながら上記ガラスパイプとガラスロッドとを一体化する

ことを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、クラッド用ガラスパイプ内に、コア用ガラスロッド、若しくはコア

及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、両者を加熱しながら上記ガラスパイプ内を減圧して、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を同時に行う光ファイバ母材の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ母材の製造方法の主なものとしては、OVD (Outside Vapor-phase Deposition) 法、VAD (Vapor-phase Axial Deposition) 法、MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) 法の3つが挙げられる。ここで、VAD法やMCVD法においては、その生産性の観点から、コア若しくはコア及びクラッド用ガラスロッドを製造した後に、光ファイバ母材の大部分を占めることとなるクラッドを上記ガラスロッドの外周に、別工程によって形成する手法が採用されている。

【0003】

具体的に上記クラッドの形成方法としては、上記ガラスロッドに対してスートと呼ばれるガラス微粒子を堆積させ、これを加熱して透明ガラス化する、いわゆる外付け法が知られている。

【0004】

これに対し、別工程において予め製造されたクラッド用ガラスパイプ内に、上記コア若しくはコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、このガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる、いわゆるロッドインチューブ法も知られている（例えば、特公昭56-45867号公報参照）。このロッドインチューブ法としては、例えばバーナ火炎によって上記ガラスパイプ及びガラスロッドを加熱し、このバーナ火炎のガスによって上記ガラスパイプをコアロッドに押し付けるようにして両者を一体化させる方法が知られている。また、これとは異なり、上記ガラスパイプ及びガラスロッドを電気炉（ヒータ）などによって加熱しつつ、上記ガラスパイプ内の圧力を減圧するようにして、このガラスパイプ内外の圧力差によって、両者を一体化させる方法も知られている。

【0005】

そして、上記のような製法によって製造された光ファイバ母材は線引き工程に

よって光ファイバとなるわけであるが、この線引き工程を上記ロッドインチューブ法による光ファイバ母材の製造と同時に行う方法も知られている（例えば、特開昭50-85345号公報参照）。

【0006】

ところで、近年、生産コストの低減化等の観点から、光ファイバ母材を大型化及び長尺化することが求められており、このため、上記光ファイバ母材を太径とすることが行われている。

【0007】

ところが、このような太径の光ファイバ母材をそのまま線引きすると、目標径の光ファイバに安定させるまでに長時間を要することとなってしまう、大量の母材を初期安定化に消費してしまうようになってしまう。その結果、上記光ファイバ母材から光ファイバへの歩留まりが悪化してしまい、本来低コスト化の目的で行った光ファイバ母材の大型化が、逆にその目的を達成できないものとなってしまいうという不都合がある。

【0008】

そこで、このような不都合を解消するために、通常は製造された太径の光ファイバ母材を、線引き工程の前に歩留まりが最大となる最適の径まで縮径させるようにしている。そして、このような光ファイバ母材の縮径工程として、上記ガラスパイプ及びガラスロッドの一体化による光ファイバ母材の製造と同時に行うようにして、その生産性を向上させようとする方法が知られている（例えば、特開平7-10580号公報参照）。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させて光ファイバ母材を製造する場合においては、上記ガラスパイプとガラスロッドとを容易に一体化でき、しかも、両者を一体化した際にそのコアの偏心量が小さくなるという観点からは、上記ガラスパイプとガラスロッドとの間の隙間（クリアランス）を小さくする方が好ましい。

【0010】

ところが、上記クリアランスを小さくすれば、上記ガラスロッドをガラスパイプ内に挿入する際に両者が擦れ合ってしまう、その結果、ガラスパイプとガラスロッドとの間に気泡等が発生してしまうおそれがある。このような気泡が発生してしまうと損失特性不良や接続特性不良を引き起こしてしまうため、光ファイバ母材の内部に気泡の発生した部分は廃棄せざるを得ない。特に、長尺の光ファイバ母材を製造する場合には、長尺のガラスロッドを長尺のガラスパイプ内に挿入することとなるため、両者が擦れ合うことを回避することは極めて困難なことになってしまう。

#### 【0011】

そこで、上記ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを大きくして両者の一体化及び延伸を行うことが考えられ、具体的には、以下の4つの手法が考えられる。

#### 【0012】

まず、第1に、上記ガラスパイプとして、その外径が従来と同じであって内径のみが従来よりも大きいものを用い、上記ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを大きくして、両者の一体化及び延伸を行う手法が考えられる。図2にこの手法による光ファイバ母材の製造中の状態を示す。なお、同図において、一点鎖線は、従来のガラスパイプの内径を示す。この場合、上記ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いは回避されるものの、上記ガラスパイプの断面積が小さくなり、両者を一体化した際にクラッド部分の面積が不足してしまうという不都合がある。つまり、このような光ファイバ母材の製造においては、完成した光ファイバ母材の状態におけるコア・クラッド比（クラッド径をコア径で割った値、以下C/Cと略す）を所定の値にする必要があり、ガラスロッドのコアの断面積に応じたガラスパイプの断面積が必要となる。上記の場合、必要なガラスパイプの断面積を確保し、完成した光ファイバ母材のC/Cを所定の値にするには、不足したガラスパイプの断面積を持つ薄肉ガラスパイプを追加して被覆する必要がある。2回以上のガラスパイプ被覆を行う手法となってしまふ。このため、生産コストの増大、また、被覆回数が増加することに伴い、被覆界面に気泡の発生して不良母材となってしまふリスクが高くなってしまうという不都合がある。

## 【0013】

第2に、上記ガラスパイプとして、その断面積は従来と同様であるが、内径及び外径が共に大きいものを用いて上記ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを大きくして、両者の一体化及び延伸を行う手法が考えられる。図3にこの手法による光ファイバ母材の製造中の状態を示す。この場合も、上記ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いは回避されるものの、上記ガラスパイプの内径がガラスロッドの外径になるまで相当量の縮径を行う必要があり、上記ガラスパイプの均一な縮径が困難になってしまう。その結果、両者を一体化した際のコアの偏心量が大きくなってしまふおそれがあり、これに伴い、線引きした光ファイバのコア偏心量が大きくなって光ファイバとして不良品となってしまうおそれがある。また、ガラスパイプの断面積を維持することから、内径を大きくする分だけその外径も大きくなってしまふ。特に、シングルモード光ファイバのように、コアに対してクラッドが大きい光ファイバを製造する場合には、上記ガラスパイプの断面積が大なるものを用いる必要があり、これに伴いガラスパイプはより一層太径のものとなってしまう。この場合、上述したような不都合が生じる他に、大型のガラスパイプなればなるほど入手が困難であり、かつ高価であるという不都合や、ガラスパイプの外径が大であることから、加熱炉等の製造設備も大型にしなければならず、設備コストや運転コストが大になってしまうという不都合もある。

## 【0014】

第3に、上記ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを確保することとして、ガラスパイプの内径を大とするのではなく、ガラスロッドを延伸して細径にすることが考えられる。図4にこの手法による光ファイバ母材の製造中の状態を示す。なお、同図において、一点鎖線は従来のガラスロッドの外径を示す。この場合、上記ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いは回避されるものの、この手法では、ガラスパイプの断面積が過剰になってしまい、完成した光ファイバ母材のC/Cを所定の値にすることが困難となってしまうという不都合がある。つまり、ガラスロッドを細径とすることで、ガラスロッドのコアの断面積が極めて小さくなり、これに伴いこのガラスロッドのコアの断面積に対して必要なガラ



スパイブの断面積も小さくなる。ところが、上記ガラスパイブは、従来と同じ断面積を有するため、上記ガラスパイブとガラスロッドとを一体化及び延伸した場合、完成した光ファイバ母材のC/Cは所定値を大きく上回ってしまう。このような光ファイバ母材のC/Cを所定の値とするために、過剰のガラスパイブの部分を火炎研磨などによって除去することも考えられるが、このようにガラスパイブ部分を除去すれば、光ファイバ母材が小さくなってしまいうという不都合がある。また、本来必要としない火炎研磨工程を必要とすることから、工程数の増大を招き、生産コストが増大してしまうという不都合もある。また、例えば細径のガラスロッドに応じた断面積のガラスパイブを用いて、両者を一体化及び延伸すれば、所定のC/Cとなった光ファイバ母材が得られるものの、光ファイバ母材のサイズが小さくなってしまい、生産性が低下するという問題がある。

【0015】

第4に、特に、シングルモード光ファイバ用の光ファイバ母材を製造する場合、上記ガラスロッドを単に細径とするのではなく、ガラスロッドのコア径を維持したまま、そのクラッド部分を削除して外径を細径化し、ガラスパイブとガラスロッドとのクリアランスを確保することが考えられる。図5に本手法による光ファイバ母材の製造中の状態を示す。なお、同図においては、図4と比較してガラスロッドのコアの径がその外径に対して大きくなっている。そして、この場合も、上記ガラスパイブとガラスロッドとの擦れ合いは回避されるものの、完成した光ファイバ母材を線引きした光ファイバの特性が悪く、特に、OH基による吸収損失が高く使用できないという不都合がある。つまり、上記ガラスロッドは、例えば1.3  $\mu\text{m}$ 帯シングルモード用の場合、コア及びクラッドから構成されるが、コアの外径の約3.6倍以上のガラスロッドの外径がなければ、完成した光ファイバ母材を線引きして得られた光ファイバは上記ガラスロッドとガラスパイブとの界面に残留したOH基などによる伝播信号光の吸収を受け、損失が高くなってしまいうという問題を生じる。そのため、通常、上記ガラスロッドはC/Cが約4なるものを用いて、ガラスロッドとガラスパイブとの界面にOH基が残留しても、伝播信号光の吸収の影響を受け難く設計されている。ところが、上記ガラスロッドに含まれるクラッド部分のみを削除し外径を細径化してしまうと、ガラス

ロッドとガラスパイプとの界面がより光ファイバの中心に近づき、界面に残留するOH基による伝播信号光の吸収が著しく起こり、光ファイバの損失が高くて使用できないことになってしまう。

【0016】

このように、気泡の防止を目的として上記の各手法を用いてクリアランスを大とすれば、コアの偏心量の増大や生産性低下、その他の問題を招いてしまうことになり、それらを共に防止することは極めて困難なものとなってしまう。

【0017】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を同時に行う光ファイバ母材の製造において、気泡の発生、コア偏心、及び生産性に関する不都合を全て回避して光ファイバ母材を製造することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明者は、ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを確保することとして、ガラスパイプの内径を大とするのではなく、ガラスロッドを細径とする点に着目し改良加えた。すなわち、上述の第3の手法においては、ガラスロッドを細径としても、同時にガラスロッドのコアも細径化されるに伴う不都合が生じ、上記目的が達成されない。そこで、上記ガラスロッドの加熱炉への送り速度をガラスパイプの送り速度よりも速くすれば、上記ガラスロッドの送り速度とガラスパイプの送り速度とが同じ場合に比べて、両者が一体化する位置での上記ガラスロッドの断面積が大きくなる点に鑑みて本発明を完成するに至ったものである。

【0019】

具体的に、本発明は、クラッド用ガラスパイプ内に、コア用ガラスロッド、若しくはコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、この両者を加熱炉によって加熱しながら上記ガラスパイプ内を減圧して、上記ガラスパイプ及びガラスロッドの一体化と延伸とを同時に行う光ファイバ母材の製造方法を前提とし、この方法において、上記加熱炉への上記ガラスロッドの送り速度を、上記ガラスパイプの

送り速度の2倍以下の速度であって、上記ガラスパイプの送り速度よりも速い速度に設定することを特定事項とする方法である。ここで、ガラスロッドとしては、例えば延伸することにより細径にしたもの、すなわち、ガラスロッドのコア・クラッド比を変更しないように、細径にしたものを用いるのがよい。

## 【0020】

そして、この場合、ガラスパイプの送り速度をガラスパイプの送り速度よりも大とすることによって、上記ガラスロッドの送り速度とガラスパイプの送り速度とが同じ場合と比較して、上記ガラスパイプの断面積が拡大した状態で上記ガラスパイプと一体化することになる。つまり、上記ガラスロッドの送り速度とガラスパイプの送り速度とが同じ場合は、ガラスロッドの断面積とガラスパイプの断面積との比は、常に一定に保たれるが、ガラスロッドの送り速度をガラスパイプの送り速度よりも速くすることによって、ガラスロッドの断面積とガラスパイプの断面積との比が変化し、ガラスパイプの断面積に対しガラスロッドの断面積が相対的に大になった状態で両者が一体化される。すなわち、このようなガラスパイプとガラスロッドとの断面積比率の増加効果を利用することによって、一体化前のガラスロッドを細径にしたことによるコア径の細径化をキャンセルし、一体化するときの光ファイバ母材のC/Cを目標通りのC/Cにすることが可能になる。

## 【0021】

ここで、ガラスロッドの送り速度として、ガラスパイプの送り速度の2倍以下の速度とするのは、例えば、このガラスロッドの送り速度がガラスパイプの送り速度に対してあまりに速い速度であれば、ガラスパイプの送りストロークの数倍の長さの細径ガラスロッドを用意し、それを把持してガラスパイプ内に挿入し、さらに、それらを加熱炉に送って、その上で延伸母材を引き取ることができる極めて背の高いタワー設備を必要とするが、それらを全て実現するのが困難であるという不都合が生じるためであり、この観点からガラスロッドの送り速度としては、ガラスパイプの送り速度の2倍以下の速度とするのがよい。

## 【0022】

そして、本発明に係る光ファイバ母材の製造方法として特に有効となるのは、

請求項2記載の如く、ガラスパイプとガラスロッドとの間の隙間が大となるようにガラスロッドとして細径のものをを用い、上記ガラスロッドの送り速度を、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化するときに設定したコア・クラッド比となるように調整する場合である。この場合、ガラスロッドの外径を細径とすることによって隙間が比較的大となり、ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いを回避して、気泡の発生が防止される。また、ガラスロッドを細径にすることによって隙間を大としているにも関わらず、ガラスロッドの送り速度を速く設定することにより結果的に単位時間当たりのガラスロッドの送り量を低下させることがなく、設定したC/Cの大型光ファイバ母材が製造される。この場合、断面積が同じでも、特に外径と内径との大きなガラスパイプを用意する必要もなく、また、ガラスパイプとガラスロッドとが一体化する際にガラスパイプの均一な縮径が困難になることやコア偏心不良になることが回避される。また、大型の加熱炉も必要としない。さらに、断面積がより小さなガラスパイプを使用する必要もないことから母材のサイズを小さくすることもない。

## 【0023】

この方法によれば、例えば上記ガラスロッドとして、その外径が25～45 mm程度のもを用い、ガラスパイプとして、その内径が50～55 mm程度のものをを用いることにより、そのクリアランスが5～15 mm程度に設定されたような、大型かつ長尺の光ファイバ母材の製造する場合にも、上記ガラスパイプの送り速度 $V_P$ とガラスロッドの送り速度 $V_R$ の比 $(V_R/V_P)$ を $1 < (V_R/V_P) \leq 2$ 程度に設定することによって、気泡の発生及びコア偏心その他の不都合が確実に回避される。

## 【0024】

そして、請求項3または請求項4に係る発明は、より高精度の光ファイバ母材が製造可能となる発明である。

## 【0025】

すなわち、特に大型かつ長尺の光ファイバ母材の製造において問題となる点であるが、このような光ファイバ母材の製造に用いられる、例えばVAD法等によって製造されるガラスロッドは、そのコア径、コアとクラッド間の屈折率差、あ

るいはガラスロッドのコア・クラッド比が長手方向に変化したものとなってしまう場合がある。

## 【0026】

このような場合、線引きした光ファイバのカットオフ波長が、所望の値に仕上がるように、本来はガラスロッドを長手方向に分割した上で、この分割したガラスロッドの構造に適した目標C/Cを求め、その値に光ファイバ母材が仕上がるように、分割したガラスロッド単位で製造工程を個別に調整する必要がある。つまり、コア径が大きいガラスロッド部分や、C/Cが小さいガラスロッド部分が存在する場合、ガラスパイプとガラスロッドとを同じ送り速度で一体化すれば、製造された光ファイバ母材のC/Cは、その長手方向にガラスロッドの構造ばらつきを反映した形で変化してしまうようになる。このため、上記コア径が大きいガラスロッド部分は、この部分を切り出し、この切り出したガラスロッドをより細径に修正して使用していた。また、コアとクラッドとの間の屈折率差が高いガラスロッド部分は、当該ガラスロッド部分を切り出した上で目標C/Cを高めに設定して母材化していた。

## 【0027】

しかし、分割した短尺のガラスロッド単位で、個別に製造工程を調整することは、せっかく大型に製造したガラスロッドを小型で多数の光ファイバ母材に仕上げる事となってしまう、歩留まりの低下を招いたり、製造工程管理が複雑になるなど問題が多い。

## 【0028】

そこで、請求項3記載の如く、ガラスロッドの送り速度を、ガラスパイプとガラスロッドとが長手方向に所望のコア・クラッド比で一体化するように調整してもよい。ここで、「ガラスパイプとガラスロッドとが長手方向に所望のコア・クラッド比で一体化する」とは、ガラスロッドのコア径、又はコアとクラッドとの間の屈折率差とが長手方向にばらついているものであっても、これらのばらつきがキャンセルされた、目標コア・クラッド比の光ファイバ母材となるように上記ガラスパイプとガラスロッドとを一体化することを意味する。

## 【0029】

そして、この場合、長手方向にコア径、コアとクラッドとの間の屈折率差、あるいはC/Cが変化したようなガラスロッドであっても、ガラスパイプとガラスロッドとが、所望のC/Cとした状態で一体化される。すなわち、例えばコアとクラッドとの間の屈折率差は長手方向にそろっているもののC/Cが一体化が開始される端部から一体化が終了する端部に向かって増加しているようなガラスロッドの場合には、このガラスロッドの送り速度を一体化が進むにつれて増加させるようにすれば、長手方向に所望のC/Cとなった光ファイバ母材が製造される。また、例えばC/Cが長手方向にそろっているものの、コアとクラッドとの間の屈折率差は一体化が開始される端部から一体化が終了する端部に向かって減少しているようなガラスロッドの場合には、上記とは逆にこのガラスロッドの送り速度を一体化が進むにつれて減速させるようにすれば、長手方向に所望のC/Cとなった光ファイバ母材が製造される。さらに、例えばコアとクラッドとの間の屈折率差、及びC/Cの双方が一体化が開始される端部から一体化が終了する端部に向かって増加しているようなガラスロッドの場合には、微少区間毎の目標C/Cを求め、このガラスロッドの送り速度を増減調整することによって各位置におけるコア構造に応じた目標C/Cなる構造が連続的に得られるようにすれば、長手方向に所望のC/Cとなった光ファイバ母材が製造される。

#### 【0030】

そして、このような処理を行った大型光ファイバ母材から線引きした光ファイバは、長手方向に安定したカットオフ波長を持つことになり、光ファイバの歩留まりが向上して低コストの光ファイバの製造が実現する。

#### 【0031】

ここで、ガラスロッドの送り速度の制御としては、例えば、両者の一体化の前に予めガラスロッドのコア径、コアとクラッドとの間の屈折率差、あるいはC/Cの長手方向に対する変化量を測定、または予測しておき、これに基づいて組まれた制御プログラムによって、ガラスロッドの送り速度を制御するようにしてもよい。また、ガラスロッドのコアとクラッドとの間の屈折率差が長手方向にそろっている場合には、両者の一体化の最中にC/Cを測定して、この測定値に基づいてガラスロッドの送り速度を制御するフィードバック制御を行うようにしても

よい。また、ガラスロッドではなく、ガラスパイプの送り速度を制御するようにしてもよい。

【0032】

さらに、特に大型かつ長尺の光ファイバ母材の製造においては、ガラスパイプ等が大型化することから、ガラスロッドやガラスパイプの曲がりを修正できないまま使用することになり、コア偏心量が大きくなってしまうおそれがある。

【0033】

そこで、請求項4記載の如く、ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方または双方を、その長手方向軸周りに回転させながら上記ガラスパイプとガラスロッドとを一体化すれば、光ファイバ母材の長手方向中心軸に対する軸対称性が向上することからコア偏心量が低減される。また、このコア偏心量の低減に伴い偏波分散特性が向上し、より高精度の光ファイバが得られる光ファイバ母材が製造される。

【0034】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明における光ファイバ母材の製造方法によれば、気泡の発生及びコア偏心の発生等の不都合を全て回避して、光ファイバ母材を製造することができる。また、より高精度の光ファイバ母材を製造することができる。

【0035】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0036】

図1は、光ファイバ母材の製造中の状態を示し、1はクラッド用ガラスパイプ、2はコア若しくはコア及びクラッド用ガラスロッド、3は上記ガラスパイプ1及びガラスロッド2の双方を加熱するヒータである。上記ガラスパイプ1としては、例えば、OVD法などにて製造されたものを用いるようにすればよい。また、上記ガラスロッド2は、VAD法によってガラス微粒子を堆積させたガラス微粒子堆積体を焼結した後、延伸して製造したものや、MCVD法でクラッドパイ

ブ内面にコアガラスを形成し中実化したものとすればよい。さらに、上記ヒータ 3 を備える加熱炉としては、具体的には、カーボン抵抗加熱炉や高周波誘導加熱炉を用いるようにすればよい。

## 【0037】

そして、上記ガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 は、それぞれの上端が、図示省略の把持装置によって把持されるようになっている。この把持装置は、ガラスロッド 2 をその長手方向軸周りに回転させるように構成されており、これにより、上記ガラスロッド 2 は必要に応じて回転しながらガラスパイプ 1 と一体化するようになっている。また、この把持装置は、上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とをそれぞれ下方に移動させるようになっており、その移動速度、すなわちヒータ 3 への送り速度は、上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とで異なる速度とすることができるようになっている。(図 1 の矢印参照)。このガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 の送り速度は、ガラスロッド 2 の外径、及びガラスロッド 2 の C/C、またはコアとクラッドとの間の屈折率差の長手方向に対する変化量の測定値に基づいて組まれた制御プログラムによって、制御するようにしている。

## 【0038】

また、上記ガラスパイプ 1 内は、図示省略の減圧装置につながっており、この減圧装置によって、上記ガラスパイプ 1 内が減圧されるようになっている。さらに、一体化した光ファイバ母材 4 は、その下方に備えられた図示省略の引取り装置によって引取られて延伸されるようになっている(図 1 の矢印参照)。これにより、ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 との一体化と、両者の延伸とが同時に行われるようになっている。

次に、上記光ファイバ母材の製造について説明する。

## 【0039】

まず、図 6 に示すように、本実施形態において用いられるガラスロッド 2 は、比較的細径にされている(同図の d 参照)。これにより、このガラスロッド 2 とガラスパイプ 1 との間の隙間(クリアランス)が、比較的大になっている。

## 【0040】

そして、上記ガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 の上端を、それぞれ把持装置



によって把持した状態で、このガラスパイプ1内にガラスロッド2を挿入する。そして、上記ガラスパイプ1の上部に排気チューブが取り付けられた蓋をセットする。上記ガラスロッド2はこの蓋の中央部を摺動可能な状態で上記ガラスパイプ1と同軸に把持される。

【0041】

この状態で、上記ガラスパイプ1内を減圧装置によって減圧しながら上記ガラスパイプ1とガラスロッド2とをそれぞれ下方に移動させる（図1の矢印参照）。

【0042】

このとき、ガラスロッド2の送り速度 $V_R$ は、ガラスパイプ1の送り速度 $V_P$ よりも速い送り速度となるように制御されている。すなわち、一体化した光ファイバ母材が設定C/Cとするのに必要なガラスロッド2の外径は、ガラスロッド2の送り速度 $V_R$ がガラスパイプ1の送り速度 $V_P$ と同じ送り速度とした場合の外径よりも大きい外径であるため、ガラスロッド2の送り速度 $V_R$ をガラスパイプ1の送り速度 $V_P$ よりも速くすることによって、上記ガラスロッド2がガラスパイプ1と一体化する位置において、ガラスロッド2の外径が $d_1$ となるようにしている（図6参照）。

【0043】

また、上記ガラスロッド2のC/C等が長手方向に対して変化している場合には、予め設定した制御プログラムによって、その送り速度 $V_R$ が調整されて所定のC/Cとなるようになっている。

【0044】

そして、上記ガラスパイプ1及びガラスロッド2が、ヒータ3によって加熱されるようになる。これにより、上記ガラスパイプ1が溶融され、かつその内外の圧力差によって上記ガラスロッド2と一体化するようになる。この一体化した光ファイバ母材4は、引取り装置によって引取られて延伸されるようになる。このようにして、ガラスパイプ1とガラスロッド2との一体化と、両者の延伸とが同時に行われるようにしている。

【0045】

次に、上記実施形態の作用・効果について説明する。

【0046】

ガラスロッド2の外径を細径とすることによって、クリアランスが比較的大となり、ガラスパイプ1とガラスロッド2との擦れ合いを回避して、気泡の発生を防止することができるようになる。また、ガラスロッド2を細径にすることによってクリアランスを大としているにも関わらず、ガラスロッド2の送り速度を速く設定することにより結果的に単位時間当たりのガラスロッド2の送り量を低下させることがない。このため、ガラスパイプ1としては断面積のより小さなものを使用する必要がなく、母材サイズが小さくなることを回避することができる。また、断面積が同じでも、特に外径と内径との大きなガラスパイプ1を準備する必要もないことから、使用するガラスパイプ1を新しいサイズのガラスパイプ1に変更することによるコストの増大を防止することができる。さらに、従来の外径のガラスパイプ1を用いることが可能であるため、大型の加熱炉も必要とせず、設備コストの増大を防止することもできるようになる。同時に、断面積が同じでも、特に外径と内径との大きなガラスパイプ1ではないため、ガラスパイプ1とガラスロッド2とが一体化する際にガラスパイプが均一に縮径するようになる。このため、コア偏心が回避される。そして、これらの問題を全て回避した上で、設定通りのC/Cの大型光ファイバ母材を気泡を含むことなく製造することができる。

【0047】

また、ガラスロッド2のC/C、またはコアとクラッドと間の屈折率差が長手方向に変化していても、このガラスロッドの送り速度 $V_R$ を制御することによって、所望のC/Cとなった光ファイバ母材を製造することができるようになる。

【0048】

さらに、ガラスロッド2が軸周りに回転しながらガラスパイプ1と一体化することによって、光ファイバ母材の長手方向中心軸に対する軸対称性が向上するようになり、光ファイバ母材のコア偏心量を低減することができるようになる。

<他の実施形態>

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、その他種々の実施形

態を包含するものである。すなわち、上記実施形態では、ガラスロッド2の送り速度 $V_R$ の制御として、予め制御プログラムを組み、これによって制御するようにしているが、これに限らず、例えばガラスパイプ1とガラスロッド2との一体化の最中にコア径を測定して、この測定したコア径に基づいて送り速度 $V_R$ を制御するフィードバック制御を行うようにしてもよい。

【0049】

また、上記実施形態では、ガラスロッド2の送り速度を制御しているが、これに限らず、例えばガラスパイプ1の送り速度を制御するようにしてもよい。

【0050】

さらに、上記実施形態では、把持装置によってガラスロッド2を軸周りに回転させるようにしているが、これに限らず、例えばガラスパイプ1を回転するようにしてもよい。この場合であっても、光ファイバ母材の長手方向中心軸に対する軸対称性が向上するようになり、光ファイバ母材のコア偏心量を低減することができるようになる。また、ガラスパイプ1及びガラスロッド2の双方を回転させるようにしてもよい。

【0051】

加えて、この技術は延伸の上下方向にとらわれるものではなく、上記実施形態とは逆に下から上方に延伸を行った場合にも有効である。

【0052】

【実施例】

次に、本発明に係る光ファイバ母材の製造方法について行った実験について説明する。

【0053】

表1は、各種のガラスパイプ1及びガラスロッド2を用いてパラメータとしてのクリアランスの大きさ、及び、ガラスロッド2の送り速度 $V_R$ を変えて光ファイバ母材を製造した場合の、光ファイバ母材内部の気泡と光ファイバに線引きして測定したコア偏心量とについて評価した実験結果を示している。

【0054】

【表 1】

項目	記号	単位	実施例 (図6に相当)	比較例1 (図4に相当)	比較例2 (図3に相当)	比較例3 (図7に相当)
VADポット外径	d	(mm)	32.0	32.0	48.0	48.0
コア径		(mm)	8.65	8.65	12.47	12.15
VADポットC/C			3.70	3.70	3.85	3.95
パイプ内径		(mm)	53.0	53.0	70.0	55.0
クリアランス		(mm)	10.5	10.5	11.0	3.5
ポット送り速度	V <sub>R</sub>	(mm/分)	18.5	10.0	10.0	10.0
パイプ送り速度	V <sub>P</sub>	(mm/分)	10.0	10.0	10.0	10.0
パイプ外径		(mm)	168.5	168.5	189.0	175.1
(ポット/パイプ)送り速度比	V <sub>R</sub> /V <sub>P</sub>		1.85	1.0	1.0	1.0
一体化位置での外径			115.4	107.2	128.0	122.8
一体化位置でのポット径	d1	(mm)	30.3	—	—	—
一体化位置でのパイプ径	d2	(mm)	—	21.0	33.8	34.1
完成母材C/C			14.1	18.9	14.6	14.2
目標母材C/C			14.2	14.2	14.4	14.4
光ファイバ波長		(μm)	1.270	1.700	1.298	1.266
母材中の気泡 (個/母材100mm長さ)			0	0	0	67
光ファイバのモードフィールド径		(μm)	0.25	不明	1.22	0.24

【0055】

ここで、dは延伸前のガラスロッド2の径、d1、d2は一体化した位置におけるガラスロッド2の外径（ガラスパイプ1の内径）、である。また、V<sub>R</sub>、V<sub>P</sub>はそれぞれガラスロッド2の送り速度、ガラスパイプ1の送り速度である。

【0056】

そして、表1における実施例、比較例1または比較例2は、クリアランスが比

較的大の場合（図3、図4または図6参照）にガラスパイプ1とガラスロッド2とが擦らずに光ファイバ母材が製造可能な例であり、特に、実施例は、ガラスロッド2をガラスパイプ1よりも速い送り速度で送って（ $V_R/V_P > 1$ ）、光ファイバ母材を製造したものである（図6参照）。一方、比較例3はクリアランスが小の場合であり、ガラスパイプ1とガラスロッド2とが擦れ合って光ファイバ母材が製造された例である（図7参照）。

## 【0057】

この表1より、クリアランスが大きい場合、ガラスパイプ1とガラスロッド2とが擦れることに起因する気泡は発生していないが、カットオフ波長が目標値と大きく異なったり（比較例1）、コア偏心量が大きくなってしまっている（比較例2）。

## 【0058】

また、クリアランスを小さくした場合には、とガラスパイプ1 ガラスロッド2とが擦れ合うことに起因する気泡が発生していることがわかる（比較例3）。これに対し、クリアランスが大きい場合に、ガラスロッド2の送り速度 $V_R$ を速くした場合には、気泡の発生及びコア偏心量共に防止され、かつ、目標カットオフ波長に近い値で仕上がっていることがわかる。

## 【0059】

以上の結果から、本発明による光ファイバ母材の製造方法は、気泡の発生とコア偏心とを確実に防止し、かつ目標カットオフ波長通りの大型光ファイバ母材が製造し得るといえる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

光ファイバ母材の製造中の状態を示す斜視説明図である。

## 【図2】

ガラスパイプとして、その内径が大きいものを用いた場合の光ファイバ母材の製造の様子を示す斜視説明図である。

## 【図3】

ガラスパイプとして、その内径及び外径が共に大きいものを用いた場合の光フ

ファイバ母材の製造の様子を示す図 2 対応図である。

【図 4】

ガラスロッドとして、延伸することによりその外径を小さくしたものをを用いた場合の光ファイバ母材の製造の様子を示す図 2 対応図である。

【図 5】

ガラスロッドとして、クラッド部分を削除してその外径を小さくしたものをを用いた場合の光ファイバ母材の製造の様子を示す図 2 対応図である。

【図 6】

本発明に係る光ファイバ母材の製造方法によってガラスパイプとガラスロッドとを一体化させたときの様子を示す図 2 対応図である。

【図 7】

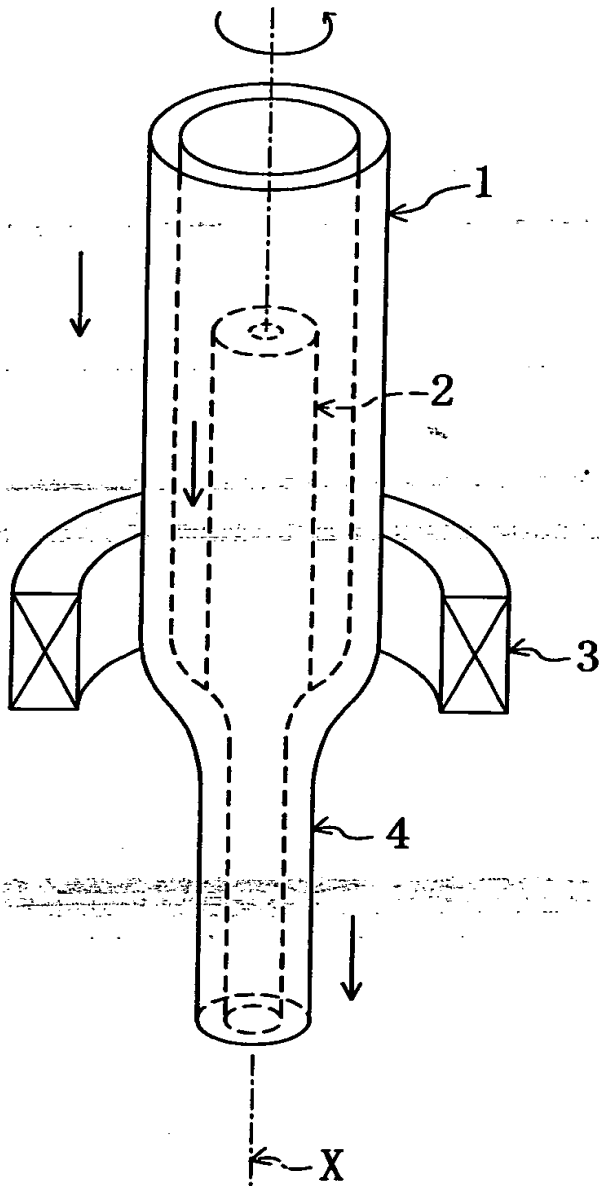
クリアランスを小さくした場合の光ファイバ母材の製造の様子を示す図 2 対応図である。

【符号の説明】

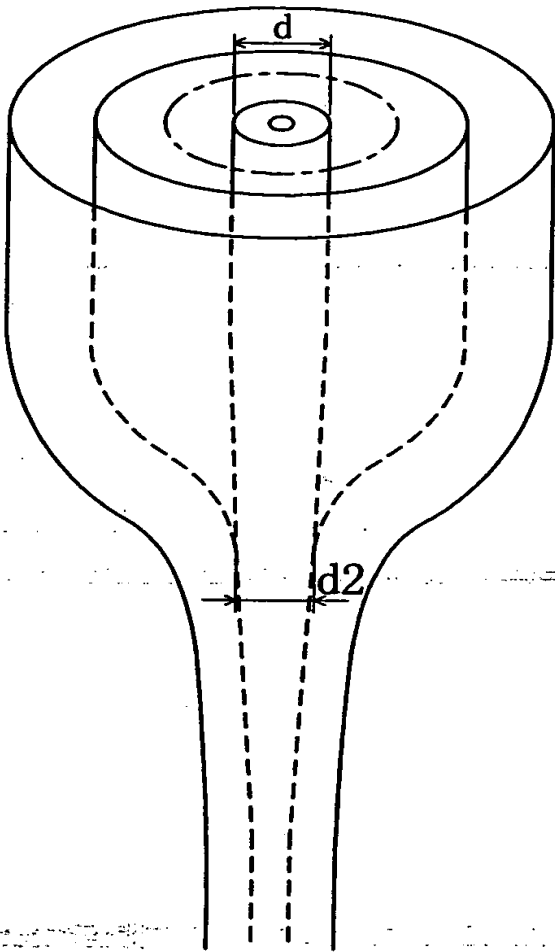
- |   |          |
|---|----------|
| 1 | ガラスパイプ   |
| 2 | ガラスロッド   |
| 3 | ヒータ（加熱炉） |
| 4 | 光ファイバ母材  |

【書類名】 図面

【図 1】

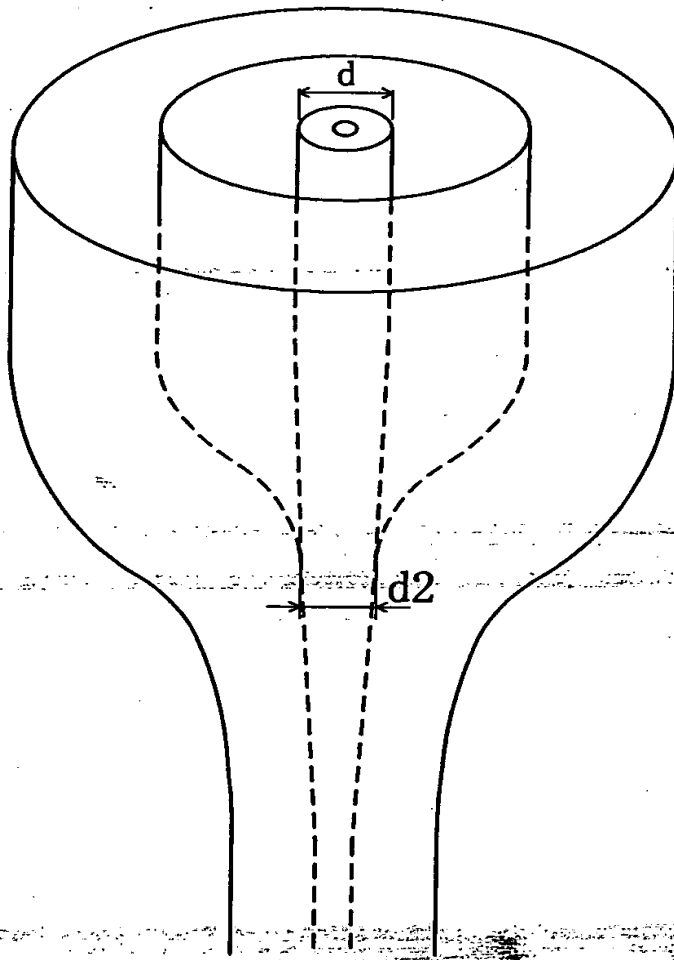


【図 2】

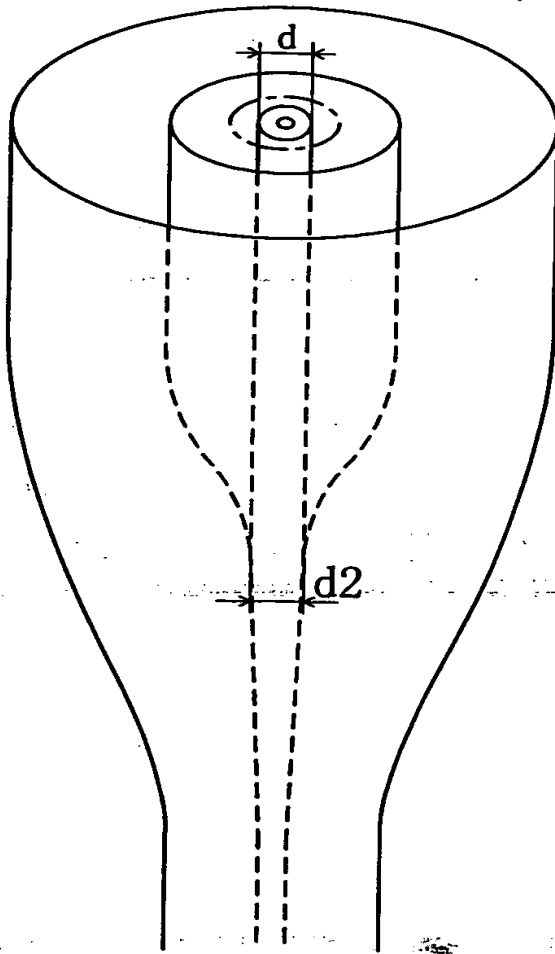




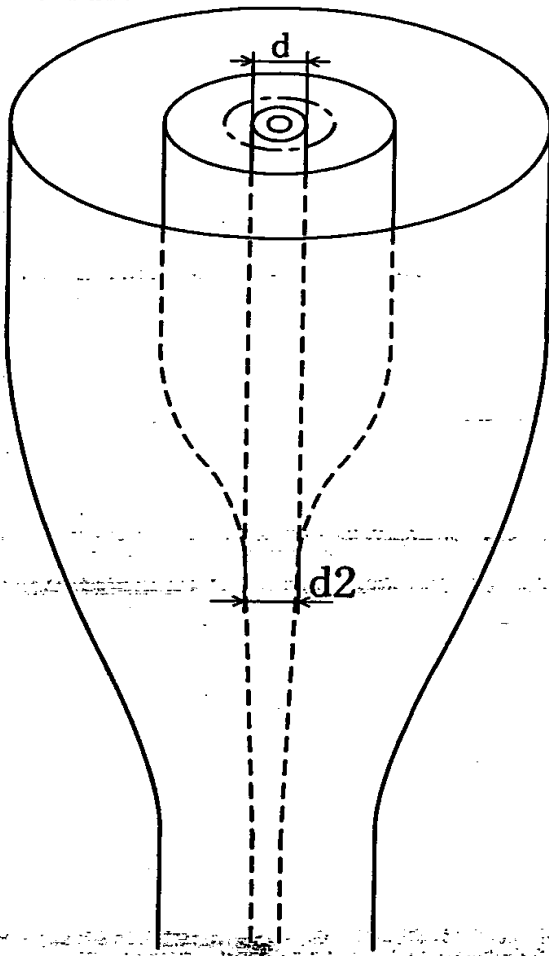
【図 3】



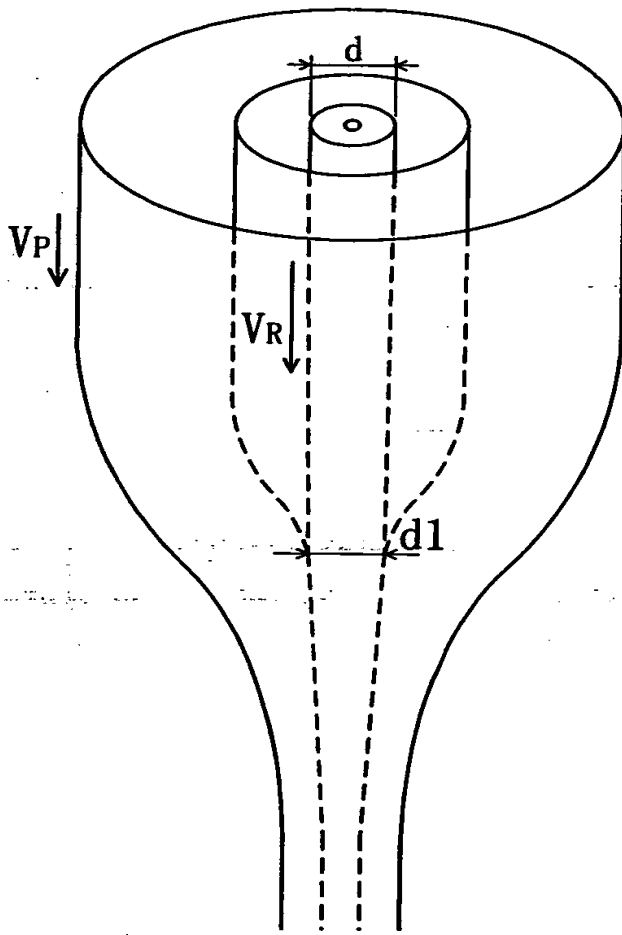
【図 4】



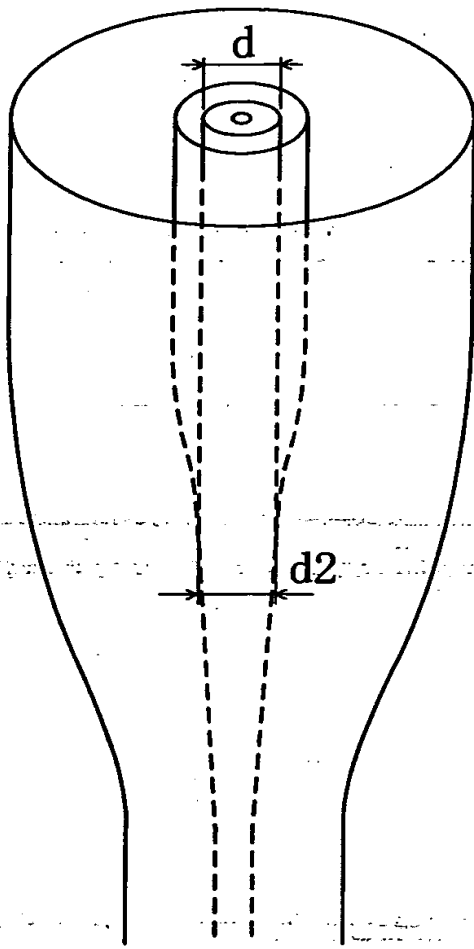
【図5】



【图 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を同時に行う光ファイバ母材の製造において、気泡の発生及びコア偏心その他の不都合を回避して光ファイバ母材を製造する。

【解決手段】 クラッド用ガラスパイプ 1 内に、コア若しくはコア及びクラッド用ガラスロッド 2 を挿入し、両者をヒータ 3 によって加熱しながらガラスパイプ内を減圧して、ガラスパイプ及びガラスロッドの一体化と延伸とを同時に行う。ガラスロッドとして延伸して細径にしたものを用いることにより、ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを比較的大とする。ガラスロッドの加熱炉への送り速度  $V_R$  をガラスパイプの送り速度  $V_P$  よりも速くすることによって、ガラスパイプ及びガラスロッドが一体化する位置においてコア・クラッド比 ( $C/C$ ) を所定の値にして両者を一体化させる。

【選択図】 図 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003263]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 兵庫県尼崎市東向島西之町8番地

氏 名 三菱電線工業株式会社

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**